

COMPARAÇÃO DE CUSTOS ENTRE CONTRATOS DE LOGÍSTICA BASEADA EM PERFORMANCE E CONTRATOS DE SERVIÇOS SOB DEMANDA - MODELAGEM, OTIMIZAÇÃO E SIMULAÇÃO COM FERRAMENTAS DA OPUS SUITE

COST COMPARISON BETWEEN PERFORMANCE-BASED LOGISTICS CONTRACTS AND TIME AND MATERIAL CONTRACTS - MODELING, OPTIMIZATION AND SIMULATION WITH OPUS SUITE TOOLS

Filipe Batista Ribeiro Costa¹
Rachel Andrade Ballardin²
Daniel Cherobini³

RESUMO

Este trabalho descreve a comparação, em termos de custos, de um contrato de Logística Baseada em Performance e um contrato de serviços sob demanda, utilizando as ferramentas de modelagem, otimização e simulação da OPUS Suite. Tal abordagem se faz necessária pela possibilidade de uma contratação baseada em performance gerar vantagens a longo prazo, como o aumento de disponibilidade e mitigação de obsolescência para a frota de aeronaves da Força Aérea Brasileira (FAB) e seus equipamentos, em relação às contratações tradicionais. O objetivo deste trabalho é criar elementos de comparação entre dois tipos de solução logística para suporte a sistemas de armas: as contratações firmadas por demanda (T&M: *Time & Material*) e as fundadas em Logística Baseada em Performance (ou contratações PBL - *Performance-Based Logistics*). Esta avaliação será feita com o auxílio de simulações de Monte Carlo fornecidas pelo *software* SIMLOX, a partir da modelagem de uma estrutura de suporte logístico definida com apoio do *software* OPUS10, focando nos aspectos de custo e desempenho. Ao fim, serão observadas as eventuais vantagens e desvantagens da implementação de contratos PBL, de acordo com os resultados obtidos. Para tanto, será inicialmente conduzida uma revisão bibliográfica de estudos relacionados a esta área de pesquisa, seguida da elaboração do modelo a ser avaliado, a partir do qual serão conduzidos os testes de simulação, assim possibilitando a análise dos resultados verificados. Esta pesquisa demonstrou que a estrutura de contratos PBL torna sua precificação mais sensível às alterações de parâmetros típicos do sistema e organização de suporte logístico, em comparação aos contratos T&M, e que esse tipo de contrato pode ser uma alternativa aos contratos tradicionais, gerando benefícios à FAB, desde que sua elaboração e implementação sejam feitas de maneira adequada e no contexto apropriado.

Palavras-chave: Contrato. Logística Baseada em Performance. Parâmetros de Performance.

¹ Pós-graduando em Logística pelo Instituto de Logística da Aeronáutica e bacharel em Engenharia Eletrônica pela Universidade de Brasília. E-mail: batistafbr@fab.mil.br.

² Doutora em Educação pela Universidade Metodista de Piracicaba – UNIMEP/2016. Mestre em Engenharia Civil na área de concentração: Infraestrutura e gerência viária com ênfase em transportes pela Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC/2009. E-mail: ballardinchel@gmail.com.

³ Graduado em Engenharia Mecânica-Aeronáutica pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (2009) e Mestre em Logística e Gestão da Cadeia de Suprimentos pelo *Air Force Institute of Technology* - USAF (2020). Atualmente, é consultor do Instituto de Logística da Aeronáutica (ILA), atuando principalmente nos seguintes temas: confiabilidade, manutenção e logística de aeronaves. E-mail: cherobinidc@fab.mil.br.

ABSTRACT

This study describes the cost comparison of a Performance Based Logistics contract and a Time and Material contract, using the OPUS Suite's modeling, optimization and simulation tools. This approach is justified by the possibility that performance-based contracting generates long-term advantages, in terms of higher availability and obsolescence mitigation for the Brazilian Air Force (BrAF) aircraft fleet and its equipment, in relation to traditional contracts. The objective of this work is to create elements of comparison between two types of logistics solutions to support weapons systems: Time & Material contracts and Performance-Based Logistics contracts. This evaluation will be carried out with the aid of Monte Carlo simulations given by SIMLOX software, based on the modeling of a logistics support structure defined with the aid of OPUS10 software, focusing on cost and performance aspects. Finally, the possible advantages and disadvantages of implementing PBL contracts will be discussed, according to the results achieved. To this end, a literature review of studies related to this research area will be initially performed, followed by the creation of a model to be evaluated, from which the simulation tests will be carried out, thus enabling the analysis of the verified results. This research showed that the structure of PBL contracts makes their pricing more sensitive to changes in typical system parameters and logistics support organization, compared to T&M contracts, and that this type of contract can be an alternative to traditional contracts, generating benefits to BrAF, provided that its elaboration and its implementation are executed properly and in the appropriate context.

Keywords: Contract. Performance-Based Logistics. Performance Parameters.

1 INTRODUÇÃO

Conforme apontado por Nowicki, Randall e Gorod (2010), durante muitos anos a estratégia básica de suporte a sistemas de armas foi caracterizada por um modelo transacional de retorno sobre vendas, em contratos denominados *Time & Materials* (T&M), onde são vendidos reparos de manutenção, itens de giro, *overhaul* e consumíveis ao cliente. Sols, Nowick e Verma (2007, *apud* Strien, Gelderman e Semeijn, 2019) afirmam que esse modelo tradicional de suporte logístico possui ineficiências inerentes a ele, pois associa o lucro do fornecedor de serviços à quantidade de serviços de suporte de pós-produção que eles vendem, sendo assim, quanto mais peças quebrarem, mais serviços ou peças o provedor de serviços poderá vender. Dessa maneira, o cliente acaba arcando com o ônus financeiro associado às incertezas de confiabilidade, absorvendo a maior parte dos riscos.

Segundo Nowicki, Randall e Gorod (2010), o modelo transacional de retorno sobre vendas, sem presença de incentivos, acaba por desestimular a incorporação de novos materiais e tecnologias pelo fornecedor a seus serviços, gerando problemas de obsolescência, manutenibilidade, suportabilidade, e aumento dos custos.

Nesse cenário, surgiram novas estratégias de suporte logístico que buscaram afastar-se desse modelo tradicional com abordagens mais eficientes, como é o caso da Logística Baseada em Performance (ou PBL: *Performance-Based Logistics*). As estratégias PBL são reconhecidas por reduzirem os custos do ciclo de vida e melhorarem o desempenho do sistema quando comparadas à abordagem transacional mais tradicional (RANDALL; NOWICKI; HAWKINS, 2011)

No contexto da Força Aérea Brasileira (FAB), as recorrentes restrições orçamentárias, e seu consequente impacto na realização da atividade logística de manutenção de materiais aeronáuticos, requerem dos órgãos pertencentes ao seu Sistema Material Aeronáutico e Bélico (SISMAB),

responsáveis por essa atividade, a busca por soluções de suporte logístico às suas aeronaves que resultem em maior economia e seu melhor desempenho.

Considerando os reveses apontados, inerentes às contratações sob demanda, e os resultados positivos gerados pela aplicação de contratos PBL num contexto global, este tipo de contrato pode se apresentar como uma alternativa para a FAB no aprimoramento desse suporte logístico, com necessidade de serem realizados estudos e avaliações mais específicos para cada cenário.

Diante das considerações apresentadas, o presente trabalho busca responder ao seguinte questionamento: as contratações PBL podem ser uma alternativa aos contratos tradicionais e gerar benefícios à FAB no suporte logístico a seu material aeronáutico?

O objetivo deste trabalho é criar elementos de comparação entre dois tipos de solução logística para suporte a sistemas de armas: as contratações firmadas por demanda (*Time & Material*) e as fundadas em Logística Baseada em Performance. Esta avaliação será feita com o auxílio de simulações de Monte Carlo fornecidas pelo *software* SIMLOX, a partir da modelagem de uma estrutura de suporte logístico definida com apoio do *software* OPUS10, focando nos aspectos de custo e desempenho. Ao fim, serão observadas as eventuais vantagens e desvantagens da implementação dos contratos PBL, de acordo com os resultados obtidos.

Para tanto, será inicialmente conduzida uma revisão bibliográfica de estudos relacionados ao tema, seguida da elaboração do modelo a ser avaliado, a partir do qual serão conduzidos os testes de simulação que possibilitarão a análise dos resultados verificados.

2 CONTRATOS DO TIPO PERFORMANCE-BASED LOGISTICS (PBL)

2.1 FUNDAMENTOS ACERCA DE CONTRATOS PBL e T&M

De acordo com o Guia de Aquisições do Departamento de Defesa dos Estados Unidos, a PBL pode ser definida como:

“A aquisição de suporte como um pacote de desempenho integrado e de preço acessível, projetado para otimizar a prontidão do sistema e atender às metas de performance de um sistema de armas por meio de acordos de suporte de longo prazo com uma definição clara das linhas de autoridade e de responsabilidade. De maneira mais simples, estratégias baseadas em performance compram resultados, não produtos ou serviços.” (DAU, 2004, p. 6, tradução nossa)

Além desta, é possível encontrar uma diversidade de outras definições para a PBL em publicações relacionadas ao assunto. Apesar disso, de acordo com Berkowitz *et al.* (2004), alguns temas são comuns a elas, tendo destaque os três seguintes: 1) a integração entre aquisição e logística para o ciclo de vida total do sistema; 2) os incentivos; e 3) as metas de desempenho. Com base na análise das definições disponíveis, Berkowitz *et al.* (2004) apresenta uma definição abrangente de PBL, agregando seus vários princípios:

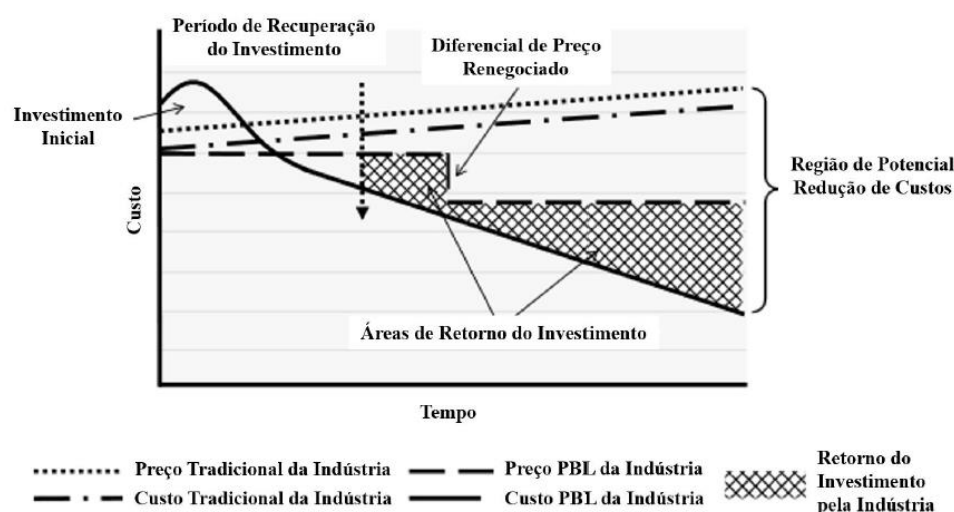
“Uma estratégia integrada de aquisição e suporte para o aprimoramento da capacidade e prontidão de sistemas de armas, onde os mecanismos contratuais incluem relacionamentos de longo prazo e incentivos adequadamente estruturados com os provedores de serviços, orgânicos e não orgânicos, para apoiar os objetivos do usuário final” (BERKOWITZ *et al.*, 2004, p. 260, tradução nossa).

Glas, Hoffmann e Ebig (2011) apontam que a ideia básica da PBL é pagar somente pelo resultado entregue ao cliente. Um contrato PBL identifica explicitamente em seus termos o nível de desempenho necessário a ser atingido, e o fornecedor do serviço determina como cumprir esse requisito, sendo os pagamentos vinculados aos resultados obtidos, associados a determinado padrão de desempenho. De acordo com os mesmos autores, a performance do sistema de armas é o principal objetivo de qualquer contrato PBL, enquanto as entradas (por exemplo: peças de reposição, estoque ou serviços etc.) são meros elementos para que o resultado desejado seja fornecido.

Andersonn *et al.* (2014) argumentam que os contratos PBL, atualmente, são vistos como soluções atrativas, uma vez que prometem reduzir o Custo Total de Propriedade (ou TOC: *Total Ownership Cost*) e, ao mesmo tempo, melhorar a disponibilidade do sistema. Apesar disso, sua aplicação é complexa, e se elaborado incorretamente pode gerar o efeito contrário, aumentando custos e riscos, tanto para o contratante quanto para a contratada.

Um gráfico comparativo das relações de investimento e retorno entre contratos tradicionais e contratos PBL é apresentado na figura 01.

Figura 01 – Exemplo de mecanismo econômico envolvido em contratos T&M (*cost-plus*) e PBL.



Fonte: Adaptado e traduzido de Stephenson (2017).

Em contratos tradicionais (T&M), as incertezas associadas a fatores como confiabilidade, fadiga, corrosão, obsolescência, dentre outras, são repassadas financeiramente ao cliente enquanto para o fornecedor essa relação não é tão vantajosa por estar limitada a uma margem de lucro percentual sob as vendas, diminuindo os riscos para o fornecedor, mas limitando sua possibilidade de lucro (RANDALL; NOWICKI; HAWKINS, 2011). Com os contratos tradicionais, a indústria obtém um lucro fixo, enquanto o custo total para o cliente aumenta com o tempo (STEPHENSON, 2017).

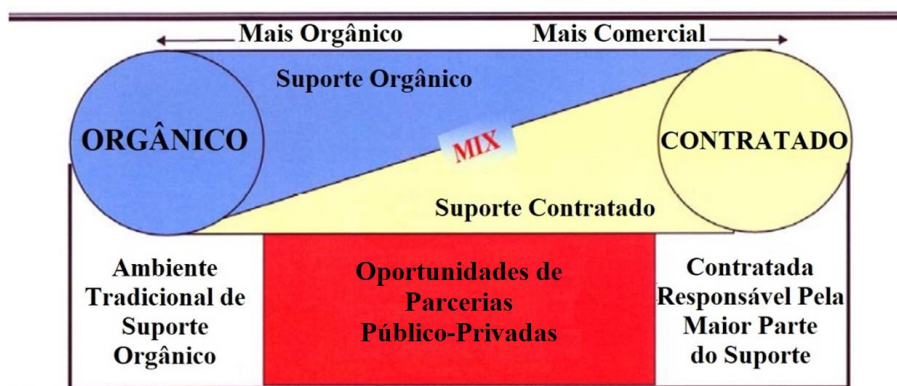
Já com os contratos PBL, a indústria é incentivada a realizar investimentos na confiabilidade e na melhoria de serviços pela possibilidade de lucros compartilhados, permitindo maiores lucros para o provedor do suporte logístico, e diminuindo o custo total para o cliente (STEPHENSON, 2017). Nesse sentido, o suporte por meio de contratos PBL é bem-sucedido no mercado de Sistemas de Armas pois alinha os interesses da Indústria e do Governo, criando uma maior competitividade e motivando a Indústria a melhorar a confiabilidade de seus produtos e a

eficiência de seus processos, com o intuito de aumentar seu lucro, o que acaba gerando economia ao contratante (US DoD, 2016).

Coryell (2007) indica que a aplicação de contratos PBL pode trazer diversos benefícios, sendo os mais visíveis na parte operacional do ciclo de vida do sistema. Dentre esses benefícios aquele autor destaca: 1) A redução dos custos logísticos do sistema por meio de redução de infraestrutura, da redução da obsolescência do sistema e da redução de requisitos de aprovisionamento e dados; 2) O aumento da confiabilidade do sistema, pois o provedor recebe incentivos para garantir que os níveis definidos de desempenho de suporte do sistema sejam alcançados; 3) A mitigação da obsolescência, pois nos contratos PBL são fornecidos incentivos à indústria para a melhoria contínua da confiabilidade e desempenho do sistema gerenciado.

Conforme apontado por Mendoza e Devlin (2005), a aplicação da Logística Baseada em Performance difere-se de sistema para sistema, pelas particularidades que impactam nas estratégias de projeto e implementação de cada um deles. As estratégias PBL para um sistema de armas específico devem ser adaptadas aos requisitos operacionais e de suporte desse sistema. Como ilustrado na figura 02, o espectro dos tipos de suporte pode variar de mais orgânico, onde o Governo realiza todos os serviços de manutenção e gerencia a própria cadeia de suprimentos, até suporte total ao sistema fornecido pela contratada. Segundo Coryell (2007), entre essas duas abordagens estão as parcerias público-privada, que representam uma responsabilidade compartilhada. Além disso, existem diferentes composições de estratégias PBL em todo esse espectro, cada estratégia sendo exclusiva a um sistema de armas específico.

Figura 02 – Fontes de Suporte Orgânico.



Fonte: Adaptado e traduzido de Mendoza e Devlin (2005).

Segundo o Departamento de Defesa dos Estados Unidos, para atingir seus objetivos os contratos PBL devem: 1) descrever requisitos em termos de resultados obtidos ao invés dos métodos a serem utilizados para atingir a performance desejada; 2) utilizar padrões de performance que sejam mensuráveis; e 3) especificar os procedimentos de aplicação de taxa (ou de uma penalidade a qual resulta na redução do preço de um contrato a preço fixo), quando os serviços não forem realizados ou não alcançarem o desempenho desejado (US DoD, 2016).

2.2 FATORES RELEVANTES NA IMPLEMENTAÇÃO DE CONTRATOS PBL

Quando fornecedor e cliente iniciam um processo de negociação de um contrato PBL é essencial que ambas as partes tenham um conhecimento mútuo da estrutura do contrato, conhecendo claramente os fatores que a caracterizam (BLOCK; AHMADI; TYRBERG, 2014).

Conforme argumentam Selviaridis e Wynstra (2015), a concepção e o gerenciamento de um contrato PBL podem ser conceituados com base em três fatores-chave inter-relacionados: Performance, Risco e Incentivos. Esses fatores são detalhados nos tópicos a seguir.

2.2.1 Performance

O estabelecimento de métricas de performance é um elemento fundamental na implementação de contratos PBL, uma vez que o propósito desse tipo de contrato é pagar por desempenho e não por serviços e materiais específicos. Deve-se ter claramente definido o que constitui essa performance, de maneira que seja possível realizar seu acompanhamento, sua medição por meio das métricas escolhidas, além de sua avaliação (BLOCK; AHMADI; TYRBERG, 2014).

Conforme apontado por Glas, Henne e Essig (2018), a medição da performance e sua gestão é um aspecto bastante importante em um contrato PBL e deve ser considerado em todo o processo de contratação, além disso. Existem desafios consideráveis associados a esse processo, pois parâmetros de performance e mecanismos de incentivo mal especificados podem ter consequências não desejadas na execução contratual.

Dentro do processo de negociação, o cliente e o fornecedor devem entrar em consenso em relação a qual será a performance desejada, quais métricas serão utilizadas para medi-la, quais serão os valores requeridos para as metas, e como serão realizadas suas medições e avaliações (BLOCK; AHMADI; TYRBERG, 2014).

De acordo com Glas, Henne e Essig (2018), as metas de performance que normalmente os contratos PBL visam atingir são as que são operacionalizadas, medidas com indicadores como: disponibilidade, confiabilidade, robustez, *lead time*, etc.

2.2.2 Incentivos

De acordo com Selviaridis e Wynstra (2015) a estrutura de incentivos financeiros e não financeiros é um fator fundamental na elaboração e gerenciamento de um contrato PBL, pois impacta no comportamento do fornecedor, podendo direcionar seus esforços a uma busca para melhorar a performance do sistema, ou, a depender de como são estabelecidos, gerar um efeito negativo, podendo instigar também o oportunismo do fornecedor.

Sanders *et al.* (2018), por meio de uma revisão da literatura sobre o tema, identificou quatro categorias principais de tipos de incentivos encontrados em contratos PBL, com possibilidade de sua implementação condicionada ao conjunto de normas e legislações do país o qual o contrato será firmado, bem como às necessidades específicas de cada um deles. Esses tipos de incentivos são os seguintes:

1. Baseados em Tempo: Trata-se de um incentivo baseado na continuidade do contrato, com o período inicial longo o suficiente para permitir que as contratadas recuperem seu investimento inicial, e com a possibilidade de extensão de seu período de duração, associando essa extensão ao cumprimento de requisitos estabelecidos, incentivando investimentos de longo prazo e gerando economia ao governo;
2. Financeiros: São tipos de incentivos baseados nos ganhos das contratadas. Estão relacionados aos tipos de contrato e aos tipos de estruturas de pagamento de taxas associadas a eles. Envolve o pagamento de bônus e/ou a aplicação de penalidades que são efetuados conforme o desempenho do sistema atinge ou não as metas estabelecidas para as métricas de performance;

3. Baseado em Escopo: Trata-se de um tipo de incentivo relacionado à possibilidade de aumento do escopo de um contrato para um fornecedor a depender de sua performance. Parte do pressuposto de que a capacidade do fornecedor de melhorar a eficiência de um processo é proporcional à parte do processo que ele controla. Um maior escopo pode ser traduzido em maiores ganhos ao fornecedor, bem como em uma maior possibilidade de aumento na eficiência do contrato para o governo
4. Outros: Não pertencentes aos tipos anteriores de maneira clara, podem ser tipos de incentivos baseados na flexibilidade do contrato, como também os tipos de incentivo que aumentam o nível de influência da contratada.

Os incentivos devem ser associados aos valores das metas das métricas de performance, de modo a direcionar corretamente o fornecedor a cumprir com o objetivo desejado (SELVIARIDIS; WYNSTRA, 2015). Dessa maneira, a correta elaboração da estrutura de fornecimento de incentivos se torna um fator crucial para o sucesso de um contrato PBL, com a satisfação dos interesses das partes.

2.2.3 Riscos

Um fator relevante associado às composições de contratos PBL está na distribuição dos riscos do contrato de suporte logístico entre as partes. Conforme Boselli (1986, *apud* AQUINO, 2015), os riscos próprios do contrato são entendidos como a possibilidade de ocorrência de prejuízos que as partes, expressa ou implicitamente, assumiram e distribuíram entre si quando celebraram o contrato.

De acordo com Strien, Gelderman e Semeijn (2019), os riscos desempenham um papel importante nas contratações baseadas em performance, uma vez que essas contratações alteram sua natureza e alocação, gerando um deslocamento desses riscos da contratante em direção à contratada. Dessa maneira, tais autores afirmam que a alocação e o gerenciamento desses riscos é uma questão crítica em contratações PBL.

No contexto de contratações feitas pelo Departamento de Defesa norte-americano, Glas, Hoffmann e Ebig (2011) apresentam tipos de contratos PBL baseados em suas metodologias de precificação, e ilustram na figura 03 a distribuição dos riscos financeiros para cada um desses tipos de contratos dentro da cadeia de suprimentos de defesa.

Figura 03 – Tipos de contratos PBL.

Preço do contrato	<i>Cost-plus</i>	<i>Cost-plus</i> com taxa de incentivo	Pagamento por performance (preço variável)	Preço Fixo com incentivo	Preço Fixo
Definição	Contratada paga por suas despesas mais uma margem de lucro	Possui uma base de custo acrescida com incentivos adicionais	Vinculam diretamente o pagamento à contratada ao seu desempenho	Combinam um valor fixo a ser pago mais uma taxa de incentivo	Valor único total acordado a ser pago
Demanda Baseada em Performance	Não-PBL	PBL em um sentido mais amplo (Tipo B)	PBL em um sentido mais restrito (Tipo A)	PBL em um sentido mais amplo (Tipo C)	PBL em um sentido mais amplo (Tipo D)
Distribuição de Risco na Cadeia de Suprimentos de Defesa					

Fonte: Adaptado e traduzido de Glas, Hofmann e Essig (2011).

De acordo com a figura anterior, os autores apresentam quatro alternativas de contratos PBL mais comuns, nomeados de Tipo A ao Tipo D. Os contratos do Tipo A são considerados contratos PBL em “sentido estrito”, por vincularem diretamente os pagamentos ao desempenho, e os restantes são considerados contratos PBL em “sentido amplo”, por não possuírem um alinhamento total entre desempenho e pagamentos. É possível verificar que o risco se desloca gradualmente da contratante para a contratada em cada composição de precificação.

Em seu estudo, Glas, Hoffmann e Essig (2011) resumem a aplicação de cada tipo de contrato da seguinte maneira: Os contratos de Tipo A são recomendados para situações em que existem riscos significativos, mas as opções de preço fixo ou *cost-plus* não são aceitáveis para uma das partes contratantes, ou não são suficientes para o compartilhamento dos riscos. Os contratos de Tipo B são sugeridos quando as contingências de demanda e oferta são significativas e instáveis. Os de Tipo C e Tipo D são recomendados quando os fatores de contingência são estáveis e previsíveis.

Segundo Strien, Gelderman e Semeijn (2019), em contratos baseados em resultados é mais provável que o fornecedor se comporte de acordo com os interesses do cliente, reduzindo o risco de comportamento oportunista por parte do provedor de serviços, pois sua finalidade é alinhar os interesses e objetivos de ambas as partes.

Em resumo, conforme Selviaridis e Wynstra (2015), esses três fatores apresentados possuem uma inter-relação, pois os resultados de performance relevantes precisam ser bem especificados e relacionados aos pagamentos ao fornecedor, transferindo o risco para ele. O nível de aceitação dos riscos pelo fornecedor depende parcialmente de a performance ser mensurável e possível de ser atribuída ao fornecedor por meio dos incentivos, sendo a estrutura desses incentivos responsável pela percepção de riscos pelo fornecedor, impactando em seu comportamento.

2.3 APLICAÇÃO DE CONTRATOS PBL NO CONTEXTO DA FAB

Como apontado por Glas (2020), o uso de contratos PBL não se restringe apenas a aplicações pelo Departamento de Defesa americano no suporte a alguns de seus Sistemas de Armas, sendo possível encontrar outros exemplos no contexto global. O autor destaca, por exemplo, o uso de contratos PBL pelo Reino Unido, Austrália, Alemanha, como também pela Índia no suporte a seus caças Rafale. Isto se deve ao fato de que, apesar de ser avaliada muitas vezes sob a ótica de um conceito único, a PBL possui uma variedade de alternativas na sua implementação e pode ser aplicada em diversos contextos.

De acordo Glas (2020), para que a implementação de um contrato PBL no suporte a um Sistema de Armas seja efetiva é necessário levar em consideração como é estabelecida a política de incentivos do contrato. Ainda conforme o autor, dos possíveis incentivos citados no item 2.2.2, o que gera maiores efeitos motivacionais no comportamento do fornecedor é o financeiro.

Sendo assim, para que seja verificada a viabilidade de se implementar esse tipo de estratégia de maneira efetiva no contexto da FAB, um dos fatores que deve ser avaliado é a possibilidade de se aplicar a política de incentivos financeiros desejada perante o conjunto de leis e normas que regem as contratações no âmbito da administração pública.

Conforme Nóbrega, Assunção e Torres (2021), no âmbito da Lei nº 8.666/93, a qual institui as normas para licitações e contratações da Administração Pública (BRASIL, 1993), é constante a discussão acerca da possibilidade de se utilizar a remuneração variável, vinculada à performance da contratada, e da sua afinidade com os princípios da economicidade e da eficiência, por não estabelecer uma autorização expressa para esse tipo de remuneração.

Segundo Nóbrega, Assunção e Torres (2021), ainda sob esse regime, foram publicadas instruções normativas que formalizaram e possibilitaram o uso de parâmetros de avaliação de desempenho da contratada, como é o caso da IN 02/2008, que estabelece os Acordos de Níveis de Serviços (ANS), e mais recentemente a IN 05/2017, que os referencia como Instrumentos de Medição de Resultados (IMR), permitindo relacionar a performance da contratada com seu pagamento. Apesar disso, de acordo com os autores, esses parâmetros não permitem o uso incentivos do mesmo modo que a remuneração variável, pois, enquanto o ANS e o IMR precificam a remuneração à contratada por meio de penalidades relacionados ao desempenho, as remunerações variáveis permitem que seja fornecido um incentivo financeiro a mais no pagamento do contrato. Sob esse contexto se inserem contratos da FAB com cláusulas vinculando o pagamento ao desempenho do fornecedor.

Esse é um aspecto bastante limitante no contexto brasileiro para a aplicação de contratos PBL de maneira efetiva. Contudo, a nova Lei nº 14.133/2021, de licitações e contratações para a Administração Pública, que revoga, em seu Art. 193, a Lei nº 8.666/1993, decorridos dois anos de sua publicação, autoriza expressamente o uso da remuneração variável em seu Art. 144 (BRASIL, 2021). Apesar da necessidade de maiores discussões acerca da aplicação prática desse artigo, ele já fornece uma nova perspectiva na aplicação de estratégias PBL pela FAB no suporte aos seus sistemas de armas.

3 MATERIAL E MÉTODO

3.1. METODOLOGIA

Conforme apontado por Scafone e Vasques (2018), a pesquisa desenvolvida neste trabalho pode ser classificada quanto à sua finalidade como uma pesquisa aplicada, pois busca gerar conhecimento para a aplicação em um problema específico, e quanto aos seus objetivos ela pode ser definida como causal, pois utiliza métodos experimentais por meio de modelos simulados, sendo uma pesquisa de natureza quantitativa.

Foram adotados como procedimentos de pesquisa nesse trabalho, inicialmente, uma pesquisa bibliográfica com o intuito de explorar o tema e os estudos já desenvolvidos na área, gerando uma base teórica à pesquisa experimental que se seguiu, a qual consistiu na simulação de modelos de uma estrutura de suporte logístico específica, e precificações tradicionais e baseadas em performance.

Nos tópicos seguintes serão descritos os *softwares*, a base de dados, a estrutura de suporte logístico e os métodos utilizados para a elaboração dos modelos de precificação, os quais serão utilizados como base para as etapas de comparação e análise de resultados executadas nesse trabalho, a serem descritas posteriormente.

3.2 FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS UTILIZADAS

Definir a estrutura e os termos de um contrato PBL é uma tarefa complexa, e por esse motivo um modelo simulado de sua estrutura de suporte logístico pode fornecer ao cliente e ao fornecedor uma melhor compreensão de seu comportamento. Analisar esse cenário antecipadamente, e durante o processo de negociação, permite que o fornecedor e o cliente desenvolvam o melhor contrato possível para ambas as partes (BLOCK; AHMADI; TYRBERG, 2014).

Dessa maneira, faz-se necessário definir as ferramentas computacionais a serem utilizadas no apoio à modelagem de sistemas e suas estruturas de suporte logístico, bem como, na geração dos possíveis cenários logísticos, com a posterior implementação dos métodos de precificação de contratos tradicionais e de contratos baseados em performance para a comparação desejada. Para isso foram escolhidos os softwares OPUS10 e SIMLOX, por atenderem às necessidades de simulação desse estudo, além de serem utilizados pela FAB em diferentes trabalhos de pesquisa e consultoria.

Essas duas ferramentas pertencem à OPUS Suite RDM (*Refined Data Model*), uma nova atualização desse conjunto de *softwares* que, de acordo com a Systecon (2022), introduz uma nova maneira de modelar a combinação de componentes físicos e sua estrutura de manutenção. Ainda segundo a empresa, esta nova versão aprimora, também, a capacidade de manipular cenários com diferentes configurações de um sistema ou variantes de um produto.

Em uma visão mais específica dos *softwares* utilizados nas simulações, o OPUS10 é responsável por fazer a otimização de itens de giro e sua melhor distribuição na estrutura de suporte logístico, de maneira a priorizar o custo-benefício. Já o SIMLOX utiliza esse dimensionamento e distribuição de itens de giro para simular o comportamento do sistema ao longo do tempo, proporcionando um meio de verificar a variação de parâmetros característicos como, por exemplo, sua disponibilidade.

Para que se possa gerar esse comportamento, o software utiliza o Método de Monte Carlo, uma técnica matemática usada para realizar a estimativa de possíveis resultados de um evento incerto. Ela cria um modelo de resultados possíveis, baseada em uma distribuição de probabilidade, para qualquer variável que tenha incerteza inerente, após o que são recalculados os resultados de maneira sucessiva, utilizando um conjunto diferente de números aleatórios dentro de um intervalo (IBM, 2020).

3.3 ESTRUTURA DE SUPORTE LOGÍSTICO ESTUDADA

Para se realizar uma comparação entre os regimes de execução dos contratos tradicionais e dos baseados em performance, em termos dos valores das remunerações a serem pagas ao fornecedor, faz-se necessário que seus respectivos modos de precificação sejam aplicados sobre um mesmo sistema e sua organização de suporte de manutenção. Isso se deve ao fato de que, para se comparar os valores resultantes gerados por cada um deles, esses modelos devem ser avaliados sendo aplicados em um mesmo cenário, sendo possível, assim, verificar seus diferentes comportamentos frente ao serviço de suporte logístico prestado, bem como suas possíveis implicações para a disponibilidade da frota.

Dessa maneira, procedeu-se com a escolha de qual seria o sistema e a organização de suporte que serviriam como base para a análise comparativa a ser realizada, onde as estruturas de precificação para determinados contratos T&M e PBL seriam aplicadas para comparação. Foram priorizados sistemas, ou conjunto de subsistemas, que tivessem estruturas de suporte logístico bem estabelecidas, uma base de dados robusta acerca dos parâmetros relevantes que viabilizasse a sua modelagem, e que tivesse uma frota com número considerável de aeronaves para uma simulação com maior variabilidade nos dados gerados. Esses requisitos foram estabelecidos com o intuito de se realizar uma análise mais próxima da realidade, gerando resultados e conclusões com possíveis aproveitamento em aplicações no contexto FAB.

Para essa escolha foi feita uma avaliação de contratos de suporte logístico às aeronaves da FAB, e/ou aos seus subsistemas, selecionando o que melhor se adequasse aos requisitos. Feito isso, decidiu-se por utilizar, como base para esse trabalho, a estrutura de suporte logístico aos sistemas

aviônicos das aeronaves C/P-95M, prestada por meio do Contrato nº 028/CAE-PAMASP/2020, mais especificamente dos serviços previstos em seu módulo II, que trata do reparo e revisão desses equipamentos, com pagamentos realizados de acordo com a quantidade de horas de voo (HV) efetuadas.

Necessário observar que não é objeto desse trabalho realizar um estudo desse contrato em específico, mas, sim, utilizar a sua estrutura de suporte logístico (organização e sistema) como base para a elaboração dos termos do que seria um contrato tradicional e um contrato baseado em performance, viabilizando assim a comparação desejada.

3.4 ESTRUTURA DE SUPORTE LOGÍSTICO

No quadro 01 são apresentados os parâmetros essenciais utilizados para a caracterização e modelagem do sistema e sua organização de suporte logístico no software OPUS10, para posterior inserção no SIMLOX, após gerada a lista com os itens de giro, aqui denominada como Lista de Aprovisionamento Inicial (LAI). As fontes de dados utilizadas, considerações acerca de sua aplicação na modelagem e sua inserção no OPUS10 para a caracterização do modelo são também descritas.

Quadro 01 – Dados para a modelagem do cenário.

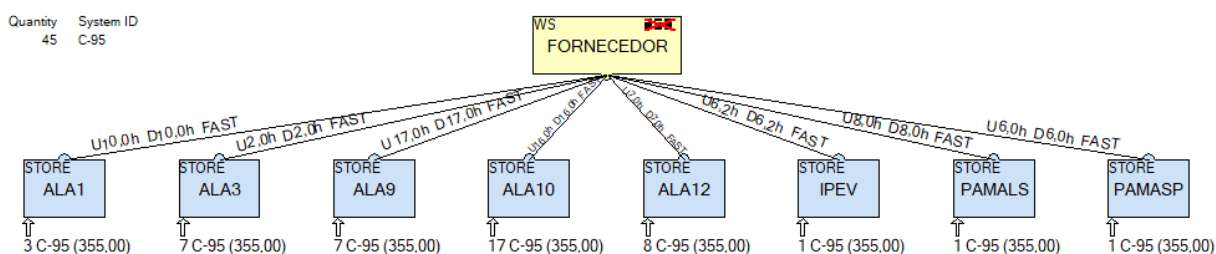
Dados para Modelagem	Fonte e Considerações
Aviônicos	Anexo II ao Termo de Referência (TR) nº 001/TENG-PAMALS/2019
Tempo Médio Entre Falhas (ou MTBF – <i>Mean Time Between Failures</i>) dos componentes	Anexo VII ao TR nº 001/TENG-PAMALS/2019; MTBF de campo LRU.
Custo por reparo	Anexo 2 ao Anexo III ao Contrato (Ctt.) nº 028/CAE-PAMASP/2020.
BDI	Anexo 2 ao Anexo III ao Ctt. nº 028/CAE-PAMASP/2020.
Período de duração	Cláusula 2 do Ctt. nº 028/CAE-PAMASP/2020; 48 meses (04 anos).
Organização de Suporte	Anexo IV ao TR nº 001/TENG-PAMALS/2019.
Itens de giro	A FAB já possui itens de giro para os aviônicos das aeronaves C/P-95M, mas não foi possível verificar sua distribuição de maneira mais precisa. Decidiu-se que, para efeitos de referência para as simulações, os itens de giro existentes e sua distribuição serão de acordo com a LAI gerada no OPUS10, e referente ao primeiro ponto que satisfaz o critério da Disponibilidade, buscando a economicidade.
Disponibilidade	Nível mínimo exigido de Disponibilidade de $D \geq 80\%$ para o cálculo da LAI.
Custo dos Componentes	Sistema Integrado de Logística de Material e de Serviços da FAB (SILOMS 11G).
Número de Aeronaves	Item 1.11.3, alínea “a”, do Ctt. nº 028/CAE-PAMASP/2020; foram consideradas as 45 aeronaves com a configuração de C-95M.
Distribuição das Aeronaves	Item 1.11.3, alínea “g”, do TR nº 001/TENG-PAMALS/2019.
Esforço Aéreo	Item 1.11.3, alínea “b” do Ctt. nº 028/CAE-PAMASP/2020; 355 horas/aeronave/ano.
Tempo de Reparo	Item 8.2.5.2. do contrato nº 028/CAE-PAMASP/2020; considerou-se, que todos os itens seriam reparados na sede da empresa, TAT = 45 dias.
Tempo de transporte	Sendo responsabilidade da FAB, para o transporte dos itens foi realizado uma estimativa, a título de representação, dos tempos de transporte entre bases e sede da empresa. Considerou-se para essa estimativa, inicialmente, qual seria o tempo de voo de uma aeronave C-95M Bandeirante em um trajeto direto entre a base do item a ser reparado até a Base Aérea de Canoas (BACN), e acrescentado mais uma hora para o

	transporte do item da BACN até a sede da empresa. Esse tempo foi dobrado, considerando uma margem de erro. Não traduz de maneira fidedigna a realidade, mas serve de referência das distribuições das bases para a simulação.
Reparo, substituição e estoque	Os reparos são realizados na sede do Fornecedor, enquanto substituição e estoque nas Bases.
Período de Medição	Intervalo em que a métrica de performance é avaliada. Definido como T = 01 mês conforme estabelecido no nº 001/TENG-PAMALS/2019.
Preço-fixo de referência	Conforme item 8.2.5.11 do TR nº 001/TENG-PAMALS/2019. Valor: C = R\$ 17.920.000,00

Fonte: os autores.

A organização de suporte gerada no OPUS10 é apresentada na figura 04.

Figura 04 – Organização de Suporte gerada no OPUS10.



Fonte: os autores.

Foi gerada a curva C/E (Custo/Efetividade) no OPUS10. Essa curva é o resultado de uma análise marginal realizada pelo software que avalia as melhores combinações de itens de giro para cada valor de investimento. Seu resultado é dado como relação entre a medida de eficácia alcançada (nesse caso, a disponibilidade) e o custo de suporte.

Com a curva C/E calculada, foi verificado o ponto que satisfaz o requisito de disponibilidade ao menor custo de suporte. Para esse ponto o custo total de suporte ao ciclo de vida (ou LSC: *Life Support Cost*) resultou em R\$ 15.448.912,00, o que inclui o custo da LAI (R\$ 2.605.234,95).

A LAI e sua distribuição nas bases, fornecida por esse ponto, foram utilizadas como entrada nas simulações realizadas no SIMLOX para a caracterização da função de incentivo a ser utilizada no modelo de contrato PBL.

3.5 ELABORAÇÃO DA ESTRUTURA DO CONTRATO PBL

Conhecida a estrutura de suporte logístico aos aviônicos das aeronaves C-95M, e sua análise pelo OPUS10, fez-se necessário definir qual o modelo de incentivo seria utilizado no contrato PBL. Para isso, foi realizada uma pesquisa bibliográfica de trabalhos disponíveis com metodologias que orientassem a elaboração dos termos de precificação de um contrato PBL. A grande maioria dos trabalhos escritos na área terem natureza qualitativa, sendo poucos os trabalhos encontrados com uma metodologia quantitativa para essa elaboração. Dentre os encontrados, decidiu-se por utilizar a metodologia descrita por Andersonn *et al.* (2014), que trabalha, em seu modelo de incentivo, com a aplicação de penalidade. As motivações para a sua escolha serão apresentadas em seguida, juntamente com a metodologia, e de que maneira foi aplicada no trabalho.

Alguns dos principais fatores necessários para que a elaboração de um contrato PBL seja bem sucedida são elencados por Andersonn *et al.* (2014), sendo eles: 1) uma distinção clara entre as responsabilidades da contratante e da contratada na execução do contrato; 2) a escolha apropriada dos parâmetros responsáveis por mensurar a performance do suporte logístico prestado; 3) uma definição adequada dos valores a serem atingidos por esses parâmetros; 4) um modelo de incentivo financeiro claro e significativo; e 5) uma abordagem correta para se realizar a medição dos parâmetros de performance, bem como a escolha de intervalos adequados para essas medições.

Woulfe (2016) apresenta um resumo dos passos utilizados por Andersonn *et al.* (2014) para a escolha dos parâmetros de performance e modelo de incentivo, definidos pelo método apresentado e executado em seu trabalho, com os aplicativos da OPUS Suite (OPUS10 e SIMLOX) fornecendo suporte à decisão no processo de elaboração do contrato PBL. Esses passos são apresentados na figura 05.

Figura 05 – Fluxograma de definição de valores para os parâmetros de performance dos contratos.



Fonte: Adaptado e traduzido de Woulfe (2016).

3.5.1 Escolha dos Parâmetros de Performance

Conforme apresentado na seção 2.2, é necessário, em um contrato PBL, definir qual a performance desejada a ser alcançada pelo sistema, e, para isso, devem ser escolhidos parâmetros a serem medidos para se realizar o acompanhamento do desempenho do sistema. Sendo assim, com base no cenário estabelecido para o suporte logístico, nesse primeiro passo devem ser definidos quais serão esses parâmetros.

Importante considerar nesse processo de escolha que, conforme apontado por Cherobini (2020), existem riscos inerentes à adição de mais métricas no acompanhamento da performance do que o estritamente necessário para garantir o suporte logístico que resultará no desempenho requerido para a operação. Dessa maneira, foi utilizado, nesse trabalho, somente um parâmetro para o acompanhamento de performance.

Uma vez que o OPUS10 fornece uma análise de quantidade e distribuição de itens de giro baseada no custo de suporte ao ciclo de vida (LSC), apresentando a disponibilidade máxima possível de ser atingida com esse custo, pretende-se utilizar, assim como em Andersonn *et al.* (2014), a disponibilidade como parâmetro de performance.

Com essa escolha, é preciso levar em consideração que a disponibilidade de um sistema é um parâmetro de performance de alto nível que depende de outras variáveis menos agregadas. Avaliar a performance do sistema apenas medindo sua disponibilidade dificulta o processo de acompanhamento de problemas e de melhorias executadas, sendo necessário utilizar variáveis de nível mais baixo para essa avaliação (BLOCK; AHMADI; TYRBERG, 2014). Além disso, o desempenho do suporte logístico avaliado nessa pesquisa não pode ser acompanhado somente pelo nível de disponibilidade da aeronave, uma vez que o fornecedor seria responsável somente pelo

subsistema de aviônicos da aeronave, não podendo ser penalizado em função de outros serviços na aeronave que gerem sua indisponibilidade.

Dessa maneira, pela viabilidade de análise pelo SIMLOX, e em conformidade com o que é proposto por Andersonn *et al.* (2014), foi escolhido como o parâmetro indireto para a medição de disponibilidade o número de *backorders* geradas pelos aviônicos. Uma *backorder* é uma solicitação de suprimento não atendida, devido à falta do item de giro necessário para atendê-la.

3.5.2 Definição dos valores dos Parâmetros

Uma expressão para um limite aceitável de *backorders* geradas durante a operação dos sistemas é apresentada na seguinte equação:

$$B_y = \mu + \alpha\sigma \quad (1)$$

Sendo:

B_y : o limite aceitável de *backorders*;

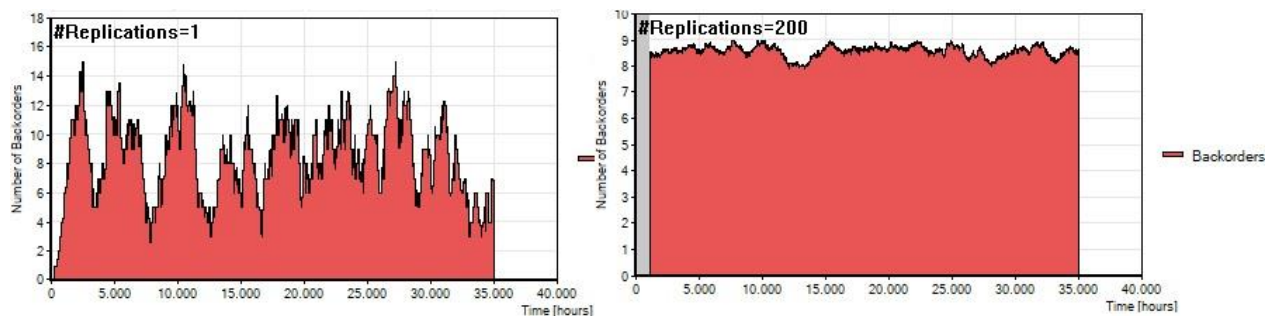
μ : a média de *backorders* ao longo do tempo;

σ : seu desvio padrão; e

α : quantos desvios padrões acima da média caracterizam seu nível aceitável.

Para a análise dessas variáveis, é necessário verificar a dinâmica do comportamento da estrutura de suporte logístico ao longo do tempo. Assim, utilizou-se o SIMLOX para avaliar esse comportamento no período de operação estabelecido. Os dados apresentados na seção 3.4, juntamente com a lista de estoque de giro de itens gerada pelo OPUS10, foram inseridos no *software*. Uma análise temporal inicial com uma replicação foi gerada. Definindo o número de replicações para 200, e desconsiderando o comportamento transitório inicial, foi calculada a média de *backorders* geradas, o resultado obtido foi para μ foi de 8,56 *backorders*. O resultado dessa simulação é apresentado na figura 06.

Figura 06 – Simulação de *backorders* geradas ao longo do tempo.



Fonte: os autores.

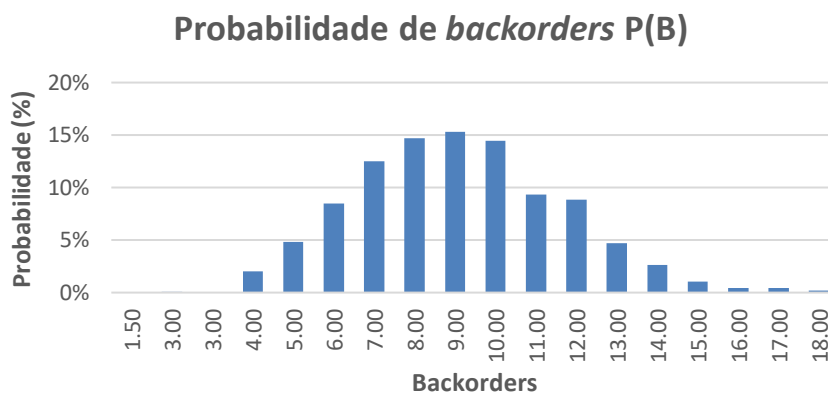
Para o cálculo do desvio padrão foi considerado o período de acompanhamento, por influenciar na dispersão dos dados.

3.5.3 Definição do intervalo de acompanhamento

Conforme apontado por Andersonn *et al.* (2014), o período de acompanhamento para as aplicações das penalidades é importante pois é por meio dele que o fornecedor receberá um retorno quanto a necessidade de alterações para melhoria na prestação do serviço. Esse período não deve ser tão curto a ponto de os resultados das melhorias implementadas pelo fornecedor não refletirem no pagamento entre dois períodos, nem tão longo a ponto de não ser possível avaliar se essas alterações foram efetivas.

Como estabelecido no item 3.4 o período de medição do contrato é mensal, sendo $T = 01$ mês. Como as amostras gerados pelo *software* são diárias, foi considerado um mês como 30 dias, e o resultado de cada período de medição se deu pela média de *backorders* geradas nos últimos 30 dias (medições mensais), o que gerou, ao longo de 4 anos, 47 medições. Para se avaliar o desvio padrão de *backorders* para esse sistema, foi simulado um período de operação de 100 anos com o intuito de ser obtido um número considerável de amostras (36.500 amostras, com 1.177 medições). O gráfico da distribuição de probabilidade dessas medições para o conjunto de amostras geradas na simulação $P(n \leq B < n + 1)$ versus o número de *backorders* B, é apresentado na figura 07, tendo sido agrupadas em intervalos unitários, com $n \in \mathbb{Z}_+$.

Figura 07 –Distribuição de probabilidade do número de *backorders* nas medições.



Fonte: os autores.

Por meio da análise do gráfico é possível calcular o desvio padrão de $\sigma = 2,37$ *backorders* para as medições deste parâmetro,

3.5.4 Definição do modelo de incentivo (função penalidade)

Como destacado por Block, Ahmadi e Tyrberg (2014), além de se definir o nível de desempenho é necessário apoiá-lo por meio de um modelo de recompensa, ou de penalidade, que forneça os incentivos para que o fornecedor alcance as metas estabelecidas, conforme discutido no item 2.2. Essa é uma etapa sensível na elaboração dos termos do contrato PBL, pois a definição do modelo de incentivo influenciará nos custos do contrato, bem como na maneira que o fornecedor irá realizar seu serviço.

Para este trabalho foi utilizado o modelo de incentivo proposto por Andersonn *et al.* (2014), onde as penalidades aplicadas são função da variável B_y , e seu comportamento é definido pela seguinte função:

$$y(B) = \begin{cases} \min\left(y_{max}, y_{min}(1 + f_y)^{\left|\frac{B-B_y}{\Delta B}\right|}\right), & B \geq B_y \\ 0, & B < B_y \end{cases} \quad (2)$$

Sendo:

$y(B)$: função penalidade aplicada;

B : número de *backorders* da medição;

y_{min} : penalidade mínima aplicada por medição;

y_{max} : penalidade máxima aplicada por medição;

f_y : fração de acréscimo da penalidade; e

ΔB : denominador da razão do expoente que determina o quanto a função exponencial irá crescer com o aumento do número de *backorders*.

A aplicação de penalidades, referentes ao desempenho do fornecedor na precificação do contrato, está em consonância com as estruturas de contratos baseados em performance praticados sob a legislação brasileira, conforme apresentado na seção 2.3, sendo um dos motivos da escolha desse método. Diversas funções podem ser utilizadas para modelar a relação entre a penalidade aplicada no período de medição e os parâmetros de performance medidos nesse período. Também não é objeto desse trabalho realizar um estudo sobre essas possíveis funções e sua seleção, por isso decidiu-se por manter a função proposta pelo método. O comportamento da função exponencial mostra-se interessante nesse caso pois tolera medições que não sejam tão maiores que o limite aceitável de *backorders* (B_y), mas aumenta consideravelmente o valor da penalidade aplicada à medida em que as medições se distanciam do limite de B_y (com o máximo de penalidade aplicada em y_{max}).

Nesse sentido, para se caracterizar a função penalidade a ser aplicada, é necessário inicialmente definir seus parâmetros.

Conforme calculado anteriormente:

$$B_y = \mu + \alpha\sigma = 8,56 + \alpha.2,37 \quad (3)$$

Dessa maneira, é necessário selecionar o valor de α . Percebe-se que para $\alpha = 2$, a probabilidade de serem aplicadas penalidades para um valor B de uma medição é de $P(B \geq B_y) = 0,025$, o que representa a aplicação de alguma penalidade em apenas 2,5% das amostras para variações inerentes à estrutura de suporte logístico. Considera-se, então, esse valor sugerido para α como aceitável, sendo este definido como o valor padrão a ser utilizado para tal parâmetro.

Conforme estabelecido por Andersonn *et al.* (2014) a escolha de y_{max} dá-se em função da seguinte equação:

$$y_{max} = \beta \frac{C}{N} \quad (4)$$

Sendo:

C : o preço-fixo de referência do contrato; e

N : o número de medições ao longo de todo seu período de duração.

É necessário, então, que seja feita a escolha do valor de β para a definição da penalidade máxima possível a ser aplicada em uma medição. Considerou-se, para esse trabalho, $\beta = 1$, o que gera uma remuneração nula para o fornecedor ao final do contrato, caso seja aplicada uma penalidade máxima em todas as medições.

Considerando que o valor pago ao fornecedor é dado pela equação 5.

$$V_{PBL} = C - N\bar{y} \quad (5)$$

Sendo:

V: o valor pago;

C: o preço-fixo de referência;

N: o total de medições; e

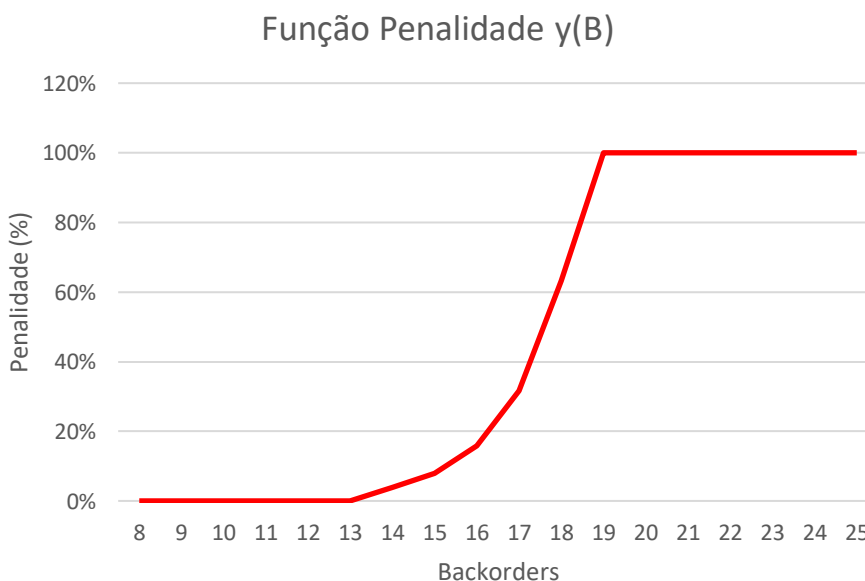
$\bar{y}$: a média das penalidades aplicadas durante as medições.

Os parâmetros da função penalidade restantes foram ajustados por meio do auxílio de simulações de seu comportamento. Como critério de seleção desses parâmetros, o autor considera o intervalo de *backorders* entre a não aplicação de penalidade e a aplicação da penalidade máxima como uma vez o desvio padrão σ . Esse trabalho considerou essa variação abrupta e adotou como critério obter um intervalo maior que o dobro do desvio padrão, gerando uma transição mais branda.

Os seguintes valores foram selecionados: $y_{min} = 0,025y_{max}$, $f_y = 1$ e $\Delta B = 1$. Esses valores levam à aplicação de penalidade máxima apenas nos casos $B > \mu + 4,25\sigma = 18,67$ *backorders*.

Um gráfico de $y(B)$ em função do número de *backorders* medido é apresentado na figura 08.

Figura 08 – Função Penalidade $y(B)$.



Fonte: os autores.

3.5.5 Avaliação de consequências

É possível que esses parâmetros sejam alterados iterativamente junto às simulações, realizando-se o ajuste mais apropriado da função, de acordo com o caso específico da contratação por desempenho, a depender dos resultados que se queira atingir dentro do processo de planejamento e negociação do contrato PBL.

3.6 PRECIFICAÇÃO PARA CONTRATOS T&M E PBL

Neste tópico são apresentadas as precificações para os contratos T&M e PBL, que foram utilizadas nas análises subsequentes. Para um contrato T&M, de acordo com Dias (2015), o valor total pago ao fornecedor pode ser calculado da seguinte maneira:

$$V_{T\&M} = S + BDI_{T\&M} \quad (6)$$

Sendo:

$V_{T\&M}$: o valor total pago;

S : o custo de suporte total, onde estão embutidos a mão de obra, os materiais, os equipamentos e impostos para a execução do serviço pelo fornecedor; e

$BDI_{T\&M}$: são os Benefícios e Despesas Indiretas, onde são contabilizados lucros e custos indiretos.

O valor do BDI para o contrato T&M é uma porcentagem sobre o valor total pago pelo contrato, conforme apresentado no Anexo III ao Contrato nº 028/CAE-PAMASP/2020.

Para um contrato PBL o valor total pago ao fornecedor foi apresentado na equação 5. Para o cálculo de seu BDI é utilizada a fórmula:

$$BDI_{PBL} = V_{PBL} - S \quad (7)$$

Sendo:

BDI_{PBL} : BDI para o contrato PBL;

V_{PBL} : o valor total pago à empresa; e

S : o custo que ela teve para suportar o sistema durante o período do contrato.

O custo de suporte S para os dois casos é dado pela seguinte equação:

$$S = LSC - LAI \quad (8)$$

Sendo:

LSC : o custo de suporte ao ciclo de vida calculado pelo OPUS10; e

LAI : o custo da LAI.

O valor da LAI não é considerado no custo de suporte pois na estrutura dos dois contratos não é realizado o fornecimento de itens de giro pela contratada, ou seja, não é feita a compra desses itens no contrato.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 SIMULAÇÃO DE CENÁRIOS PARA COMPARAÇÃO

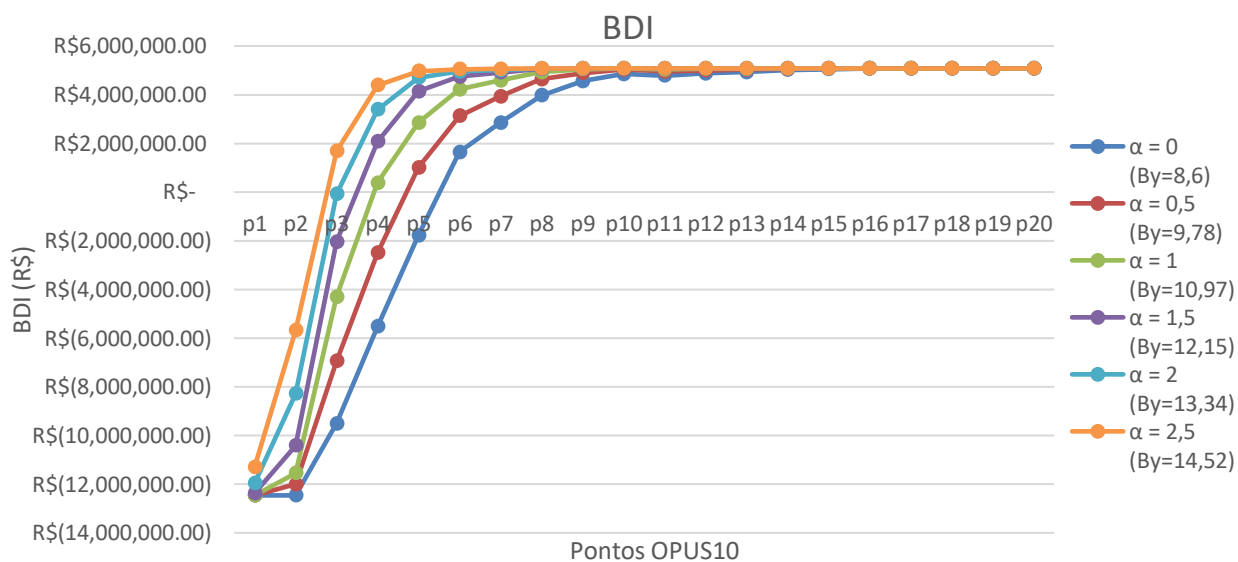
Com o intuito de avaliar os possíveis benefícios gerados à FAB pelo uso de contratos PBL, e suas vantagens e desvantagens em relação aos contratos tradicionais, é necessário verificar se esse tipo de contrato influencia o fornecedor a buscar uma melhoria contínua em seus serviços e consequente aprimoramento da performance dos sistemas, frente à necessidade de diminuição de penalidades com o intuito de evitar maiores prejuízos. Para isso foram feitas análises de sensibilidade a parâmetros que caracterizam o suporte logístico, e como cada estrutura de contrato reagiu a essas alterações.

4.1.1 Itens de Giro

A primeira análise realizada foi a de sensibilidade do BDI obtido pelo fornecedor em relação à quantidade de itens de giro e o limite aceitável de *backorders*.

As curvas apresentadas na figura 09 são o resultado de simulações e cálculos do BDI para o contrato PBL, conforme equação 7, em função da variação dos itens de giro em estoque e do parâmetro α , do qual o limite aceitável de *backorders* B_y é uma variável dependente.

Figura 09 – Análise do BDI em função da variação da LAI e de α .



Fonte: os autores.

Para o cálculo do valor de cada um dos 120 pontos apresentados no gráfico, foram executados os seguintes passos: 1) gerada a LAI referente ao ponto n da curva C/E fornecida pelo OPUS10, com $n \in [1, 20]$; 2) passada a LAI para o SIMLOX por meio da alocação de estoque, feita a simulação e gerada a série temporal de amostras de *backorders* para o período de 04 anos do contrato; 3) feitas as 47 medições mensais por meio da média das amostras a cada 30 dias; 4) calculadas as penalidades para cada medição mensal por meio da equação 2; 5) feito o mesmo

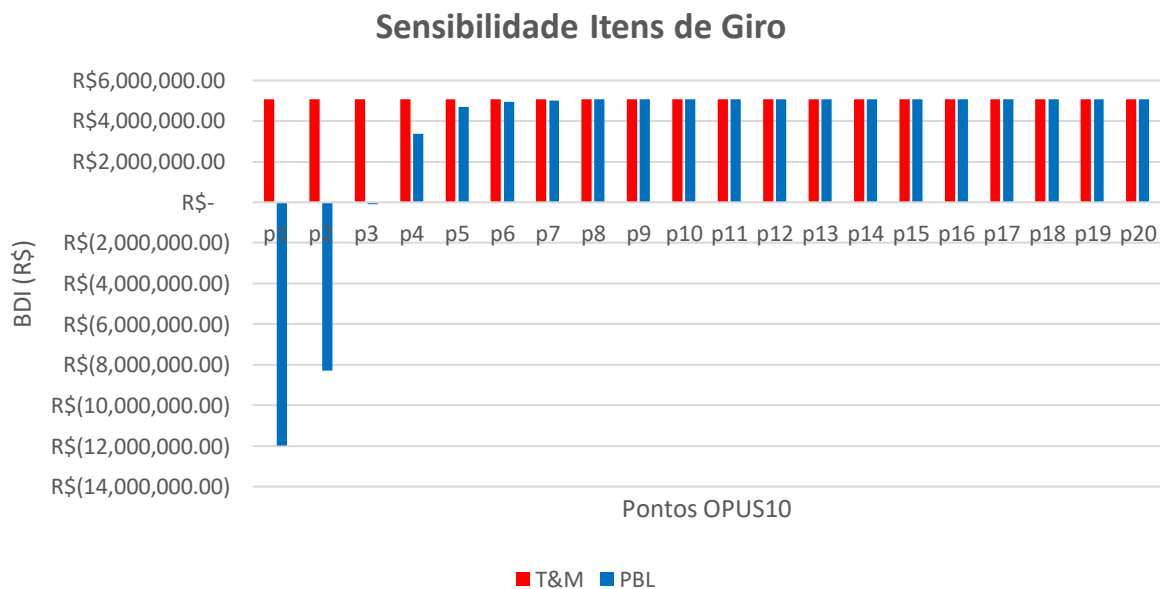
processo para cada α presente no gráfico; 6) repetidos os passos para $n + 1$. Os cálculos realizados nos passos 3 e 4 foram realizados com o auxílio do Microsoft Excel.

Por meio dessas curvas é possível verificar que a relação entre as penalidades aplicadas ao longo do período contratual e o limite aceitável de *backorders* tem uma relação inversa, conforme desejado, e quanto menor o α mais distante a curva está do máximo valor de BDI possível de ser atingido (mais penalidades foram aplicadas), conforme equações 5 e 7. Com um $\alpha = 2,5$ ($B_y = 14,52$) o ganho do fornecedor torna-se próximo ao máximo em qualquer nível de estoque (menos penalidades), enquanto para $\alpha = 0$ ($B_y = 8,6$) o fornecedor sofre consideráveis penalidades até mesmo se mantido o nível padrão de estoque em que se deseja trabalhar.

Uma comparação da sensibilidade dos dois tipos de contratos a mudanças no nível de estoque foi feita em seguida. O BDI utilizado para o contrato T&M foi de 28,3%, o equivalente ao máximo obtido no contrato PBL, em relação ao preço-fixo de referência, para garantir o nível de suporte logístico desejado.

A figura 10 apresenta o gráfico com o resultado do BDI obtido pelo fornecedor, frente a níveis de estoque de itens de giro diferentes do acordado inicialmente, para os dois tipos de contrato. Para o contrato PBL foi selecionada a curva de $\alpha = 2$ ($B_y = 13,34$, padronizado em 3.2.4) do gráfico da figura 09, e para o contrato T&M foi analisado o custo de suporte referente aos primeiros 20 pontos da curva C/E do OPUS10, e utilizada a equação 6 para o cálculo do seu BDI.

Figura 10 – Análise de sensibilidade do BDI para alteração no número de itens de giro.



4.1.2 Tempo de Reparo

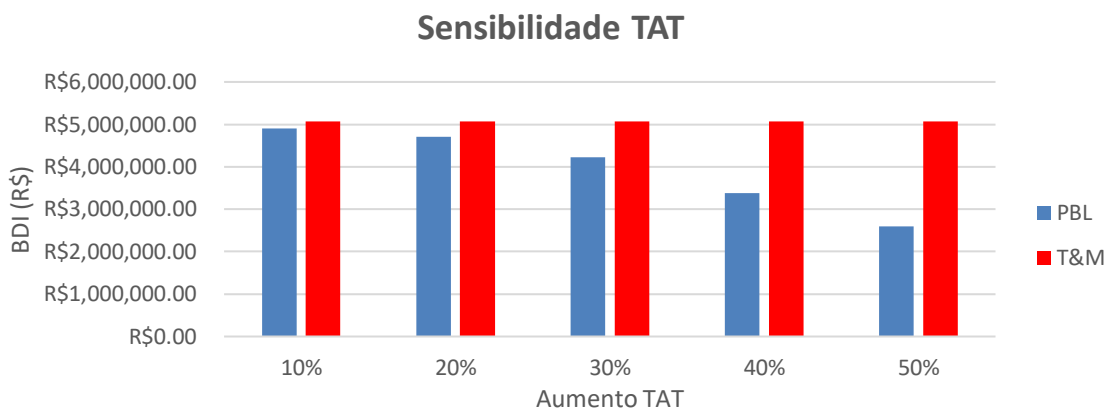
Para a segunda análise, foi considerado o caso em que o fornecedor atrase o reparo dos itens, gerando um aumento no TAT médio dos serviços.

Foram calculados aumentos de 10%, 20%, 30%, 40% e 50% no Tempo de Reparo dos componentes. Para o contrato PBL, os valores referentes a cada aumento foram passados para o SIMLOX, feita a simulação e gerada a série temporal de amostras de *backorders* para o período de

04 anos do contrato. A partir dessa série foram feitas as medições, calculadas as penalidades e analisado o BDI final, conforme equação 7, foram feitas 10 simulações distintas para cada caso e tirada a média. Para o contrato T&M, foi analisado o custo de suporte referente a cada aumento no OPUS10 e utilizada a equação 6 para o cálculo do BDI.

A figura 11 apresenta o resultado dessa análise e o comportamento do BDI pago ao fornecedor para ambos os contratos, frente a esses aumentos de tempo de reparo.

Figura 11 – Análise de sensibilidade do BDI ao aumento do tempo de reparo.



Fonte: os autores.

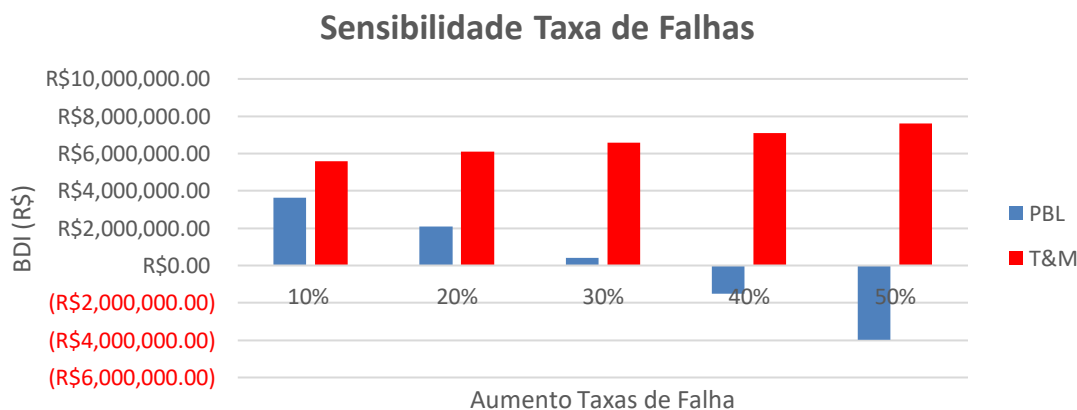
4.1.3 Tempo Médio Entre Falhas (MTBF)

Por último, foi considerado o caso em que o fornecedor gere um aumento nas Taxas de Falhas dos componentes, e consequente diminuição de seus MTBF, por meio de um serviço de reparo pouco eficiente.

Foram calculados aumentos de 10%, 20%, 30%, 40% e 50% nas Taxas de Falha dos componentes. Os procedimentos para simulações e cálculo de BDI de ambos os contratos foram os mesmos descritos no segundo parágrafo do item 4.1.2.

A figura 12 apresenta o resultado dessa análise e o comportamento do BDI pago ao fornecedor para os dois tipos de contrato, frente a esses aumentos nas Taxas de Falhas.

Figura 12 – Análise de sensibilidade do BDI ao aumento da Taxa de Falhas.



Fonte: os autores.

4.2 ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÃO

Para a primeira análise de sensibilidade realizada, relativa aos itens de giro, nota-se que, enquanto no contrato T&M o ganho do fornecedor permanece inalterado com a variação no nível de estoque, no contrato PBL, caso se trabalhe com o nível de estoque abaixo do esperado o fornecedor será mais penalizado. Por exemplo, a nível de estoque zero de itens de giro, para o contrato T&M, o fornecedor mantém o mesmo ganho em BDI que no ponto 8 (nível esperado de estoque), correspondente ao valor de R\$ 5.076.323,33 (BDI de 28,3%). Já no caso do contrato PBL, para o estoque nesse nível o fornecedor acaba tendo um prejuízo de R\$ 11.961.274,81 (-66,7% de prejuízo em relação ao valor C de referência), indicando uma maior proteção dos contratos PBL a alterações no estoque. Apesar disso, é importante destacar o contexto em que se insere a prestação do serviço de suporte logístico, uma vez que nesses contratos não está prevista a aquisição de itens de giro ou a gestão desses itens pelo fornecedor, sendo a FAB detentora e gestora desse estoque. Caso não seja garantido que seus níveis sejam mantidos na quantidade necessária, é esperado que ocorra um maior número de penalidades ao fornecedor. Por esse aspecto, essa estrutura de contrato pode apresentar-se como uma desvantagem, pela possibilidade de gerar uma dificuldade, por parte do fornecedor, de aceitar o aumento do risco financeiro.

Com a análise de sensibilidade ao aumento no tempo de reparo dos componentes é possível verificar que, para o contrato T&M, um maior tempo no reparo dos itens não afeta o ganho do fornecedor, que se mantém estável. Já para o contrato PBL, o ganho do fornecedor diminui à medida que o atraso médio aumenta. Isso pode ser verificado tomando como referência o ponto de aumento de 50% do tempo de reparo, enquanto o BDI mantém-se em R\$ 5.076.323,31 (BDI de 28,3%) para o contrato T&M, no contrato PBL seu ganho diminui para R\$ 2.602.005,99 (15% em relação ao valor C de referência). Dessa maneira, espera-se que, na prática, um contrato PBL induza o fornecedor a manter um nível aceitável de tempo de reparo dos componentes, seja melhorando seus processos, equipamentos ou corrigindo outros óbices internos que o impedem de executar a manutenção em tempo hábil, gerando menos intercorrências para a FAB. Essa análise ilustra uma vantagem do uso dessa estrutura contratual em relação aos contratos tradicionais.

Na análise de sensibilidade ao MTBF, por meio do resultado obtido, pode-se verificar que, para o contrato T&M, com o aumento nas taxas de falhas dos componentes, ocorre um aumento nos ganhos do fornecedor. Por exemplo, no ponto de aumento de 50% das taxas de falha, para o contrato T&M, o valor total pago do contrato aumenta e chega a $V_{T\&M} = R\$ 26.880.000,44$, sendo esse valor 50% maior que o valor de referência $C = R\$ 17.920.000,00$ para os dois contratos em condições de operação desejadas, com um BDI de R\$ 7.614.484,99 para o fornecedor. Já para o contrato PBL, ocorre um prejuízo de R\$ 3.990.421,41 (22,3% de prejuízo em relação ao valor C de preço-fixo de referência), com a FAB pagando para o fornecedor o valor final para o contrato de $V_{PBL} = R\$ 15.275.093,99$. Com essa análise é possível demonstrar a possível economia que esse tipo de contrato pode gerar para a FAB, sendo de R\$ 11.604.906,45, no ponto analisado, caso se opte por utilizar um contrato PBL ao invés de um contrato tradicional. Esse resultado também corrobora com o que foi apresentado no referencial teórico, acerca das ineficiências inerentes aos contratos tradicionais, pois, quanto mais itens falharem, mais serviços serão vendidos pelo fornecedor. Esse comportamento não ocorre no contrato PBL, pois o aumento na taxa de falhas dos itens gera perda de receitas para o fornecedor, forçando-o a manter o MTBF dos componentes em um nível aceitável. Por esses aspectos o uso do contrato PBL configura-se como uma vantagem para a FAB, pois, para aumentar seus ganhos, é necessário que o fornecedor garanta a execução de um serviço de qualidade, investindo em equipamentos, qualificação da mão de obra e melhoria de processos. Isso se traduz para a FAB em economia, melhores níveis de desempenho dos

componentes, e, como apresentado no item 2.1, no aumento da confiabilidade dos sistemas e na mitigação de sua obsolescência a longo prazo.

Com as análises realizadas é possível constatar que o contrato PBL apresenta vantagens em relação ao contrato T&M, relativas ao maior impacto que geram sobre o ganho do fornecedor quando o desempenho esperado do sistema não é atingido, exigindo do fornecedor um aprimoramento no serviço de suporte logístico prestado. As análises também demonstraram que, em uma contratação baseada em performance, as partes devem estar cientes de suas responsabilidades dentro do processo, pois, uma vez que não cumpridas podem gerar custos e riscos para as duas partes.

Outra questão a ser avaliada é a real vantagem de se aplicar esse tipo de contrato no suporte logístico de subsistemas pois, conforme apontado por Block, Ahmadi e Tyrberg (2014), dentre as desvantagens dessa aplicação está a possibilidade de serem perdidas oportunidades para economia de escala. Além disso, torna-se difícil definir parâmetros de performance, uma vez que o fornecedor é responsável apenas pelo desempenho de uma parte do sistema, podendo ser afetado por outro sistema que não esteja sob a sua responsabilidade. Por esse motivo, foi escolhido o número de *backorders* geradas pelos sistemas aviônicos suportados. Apesar disso, conforme demonstrado pelas simulações, é possível que, caso esses subsistemas sejam afetados por questões cuja responsabilidade não é do fornecedor do serviço logístico, esse pode ser penalizado injustamente.

Um fator relevante a ser observado é que, por meio da análise gráfica, poderia ser inferido que o contrato tradicional é sempre mais vantajoso financeiramente para o fornecedor do que o PBL por garantir maiores lucros. Isso se deve ao fato de que a diminuição do custo de suporte gerada pela PBL, consequência da melhoria no desempenho dos sistemas devido ao investimento do fornecedor no aprimoramento de seus processos, não é possível de ser simulada nesse modelo, sendo necessário ser criado um modelo que leve em consideração essa melhoria dos parâmetros de performance ao longo do tempo. Como ilustrado na figura 01, a vantajosidade sob o aspecto financeiro da PBL também é maior a longo prazo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com os resultados observados no presente estudo, é possível verificar que foi atingido o objetivo do trabalho, que consistiu na comparação entre os tipos de contratações *T&M* e PBL, em termos de custo e desempenho, por meio da análise e simulação de uma estrutura de suporte logístico, com a observação de eventuais vantagens e desvantagens da implementação dos contratos PBL.

Demonstrou-se que a estrutura de contratos PBL torna a precificação mais sensível às alterações de parâmetros característicos do sistema e organização de suporte logístico, em comparação aos contratos tradicionais sob demanda. Observou-se ainda que, à medida que esses parâmetros divergem do valor desejado, ocorrem perdas financeiras para o fornecedor.

Foi possível verificar também, por meio das análises quantitativas realizadas, a importância de se definir claramente, dentro do processo de elaboração e negociação de um contrato PBL, as atribuições e responsabilidades de ambas as partes envolvidas, para que sejam aproveitados os benefícios proporcionados por esse tipo de contratação, e não gerados prejuízos, o que corrobora com o apresentado previamente no referencial teórico.

Importante destacar que os *softwares* pertencentes à OPUS Suite se apresentaram como uma ótima alternativa no processo de modelagem de sistemas e sua estrutura de manutenção, além de viabilizar a análise de seu comportamento. Tais ferramentas computacionais são notavelmente

úteis neste tipo de problema, apresentando diversos recursos com possibilidade de utilização em processos futuros de elaborações de contratos e tomadas de decisão, no âmbito da FAB.

Com base nessas considerações, e retomando a pergunta de pesquisa, é possível concluir que sim, as contratações PBL podem ser uma alternativa aos contratos tradicionais e gerar benefícios à FAB no suporte logístico a seu material aeronáutico. Isso desde que sua elaboração seja feita de maneira correta, com uma avaliação de cenários, escolha adequada de métricas de performance e de modelo de precificação, e que ambas as partes tenham a ciência e compromisso de cumprirem suas responsabilidades acordadas.

Com o intuito de gerar um maior aprofundamento no tema, este trabalho sugere que, para estudos futuros, seja feita uma avaliação da influência que cada parâmetro característico da função penalidade tem no resultado, pode ser realizada a comparação com outros modelos de penalidade, como também ser elaborado um modelo que simule o aprimoramento dos parâmetros de performance ao longo do tempo. Novos estudos podem, também, avaliar os dois modelos de contratos estudados aplicados ao suporte logístico de uma aeronave completa, com outros sistemas integrados à sua configuração, além dos aviônicos.

REFERÊNCIAS

ANDERSSON, P. *et al.* **Better PBL Contracts - An Analytical Approach**. Systecon. 10 nov. 2014. Disponível em: <https://www.systecongroup.com/us/knowledge-center/better-pbl-contracts-analytical-approach>. Acesso em: 01 jun. 2022.

AQUINO, L. G. **Os Riscos Próprios do Contrato – 02 Semana da Coluna “Descortinando o Direito Empresarial”**. Estado de Direito. 05 out. 2015. Disponível em: <https://estadodedireito.com.br/os-riscos-proprios-do-contrato-02-semana-da-coluna-descortinando-o-direito-empresarial/>. Acesso em: 17 jun. 2022.

BERKOWITZ, D. *et al.* Defining and Implementing Performance-Based Logistics in Government. **Defense Acquisition Review Journal**. Vol. 11, n. 3, 2004. Disponível em: <https://www.dau.edu/library/arj/ARJ/arq2005/BERKOWITZ.PDF>. Acesso em: 21 jun. 2022.

BLOCK, J.; AHMADI, A.; TYRBERG. Using Monte Carlo Simulation as Support for Decision Making while Negotiating a PBL Contract. **2014 IEEE Aerospace Conference**, pp. 1-7. 10 jan. 2014.

BRASIL. Centro de Aquisições Específicas. **Contrato de Despesa nº 028/CAE-PAMALS/2020**. Lagoa Santa, 13 abr. 2020.

BRASIL. Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993. Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8666cons.htm. Acesso em: 30 set. 2022.

BRASIL. Lei nº 14.133, de 1º de abril de 2021. Lei de Licitações e Contratos Administrativos. Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em:

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/lei/L14133.htm. Acesso em: 30 set. 2022.

BRASIL. Parque de Material Aeronáutico de Lagoa Santa. **Projeto Básico nº 001/TENG-PAMALS/2019**. Lagoa Santa, 20 set. 2019.

CHEROBINI, D. **Inherent Jeopardy of Performance Based Contracting Metrics: A Simulation Experiment**. 2020. 78 f. (Master of Science in Logistics and Supply Chain Management) - Air Force Institute of Technology, Wright-Patterson Air Force Base, Ohio, mar. 2020.

CORYELL, B. D. **Performance-Based Logistics, Contractor Logistics Support, and Stryker**. 2007. 110 f. Tese (Master of Military Art and Science) - Faculty of the US Army Command and General Staff, Fort Leavenworth, Kansas, USA, 2007.

DEFENSE ACQUISITION UNIVERSITY (DAU). **Defense Acquisition Guidebook**. Fort Belvoir, VA: DAU, 2004.

DIAS, P. R. V. **Cost Engineering and Compliance Pricing Analysis**. Instituto Brasileiro de Engenharia de Custos. Nov. 2015. Disponível em: <https://engenhariadecustos.ibec.org.br/wp-content/uploads/2015/11/Final-Version-Paulo-Dias-IBEC.pdf>. Acesso em: 06 ago. 2022.

GLAS, A. H. Case Studies of Performance Based Logistics in the Military: International Lessons Learned. **Necesse Journal**, 2020, Vol. 5, Edição 3, p. 99 –117, 2020.

GLAS, A. H.; HOFMANN, E.; ESSIG, M. Performance-based logistics: a portfolio for contracting military supply. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, 04 out. 2011, Vol. 43, No. 2, p. 97–115, 2013.

GLAS, A. H.; HENNE, F. U.; ESSIG, M. Missing performance management and measurement aspects in performance-based contracting: A systematic process-based literature analysis of an astonishing research gap. **International Journal of Operations & Production Management**, 21 fev. 2018, Vol. 38 No. 11.

IBM Cloud Education. **Simulação de Monte Carlo**. IBM. 24 ago. 2020. Disponível em: <https://www.ibm.com/br-pt/cloud/learn/monte-carlo-simulation>. Acesso em: 01 jun. 2022.

MENDOZA, K. A.; DEVLIN, L. A. **Performance Based Logistics and the Implications of Organizational Design**. 2005. 102 f. Tese (Master of Science in Contract Management) - Naval Postgraduate School, Monterey, California, USA, 2005

NÓBREGA, M.; ASSUNÇÃO, I.; TORRES, R. C. L. **Nova Lei de Licitações e remuneração variável: Uma abordagem à luz do nexo econômico-jurídico**. Sollicita, 07 dez. 2021. Disponível em: https://www.sollicita.com.br/Noticia/?p_idNoticia=18475&n=nova-lei-de-licita%C3%A7%C3%B5es-e-remunera%C3%A7%C3%A3o-vari%C3%A1vel#_ftn5. Acesso em: 30 set. 2022.

NOWICKI, D.; RANDALL, W. S.; GOROD. A. A Framework for Performance Based Logistics: A System of Systems Approach. **2010 International Congress on Ultra Modern Telecommunications and Control Systems and Workshops (ICUMT)**. 18-20 out. 2010

RANDALL, W. S.; NOWICKI, D. R.; HAWKINS, T. G. Explaining the effectiveness of performance-based logistics: a quantitative examination. **The International Journal of Logistics Management**. Vol. 22 n. 3, pp. 324-348, 2011

SANDERS, G. *et al.* **Use of Incentives in Performance-Based Logistics Contracting**. Center for Strategic & International Studies. Rowman & Littlefield. 9 abr. 2018.

SCANFONE, L. VASQUES, L. **Guia de Estudos da disciplina Metodologia da Pesquisa**. Centro Universitario do Sul de Minas - UNIS. 2018

SELVIARIDIS, K.; WYNSTRA, F. Performance-based contracting: A literature review and future research directions. **International Journal of Production Research**. Vol. 53, N. 12. jun. 2015

STRIEN, J. V.; GELDERMAN, C. J.; SEMEIJN, J. Performance-based contracting in military supply chains and the willingness to bear risks. **Journal of Defense Analytics and Logistics**. 2019. Vol. 3 No 1.

SOLS, A.; NOWICKI D.; VERMA, D. Defining the fundamental framework of an effective performance-based logistics contract. **Engineering Management Journal**, jun.2007, Vol. 19 No. 2, pp. 40-50.

STEPHENSON, J. A. **Performance Based Logistics (PBL): Overcoming Barriers to Cost Control**. Defense Acquisition University (DAU) 19 mar. 2017.

SYSTECON. Introducing Opus Suite RDM. Disponível em: <https://www.systecongroup.com/us/opus-suite-rdm>. Acesso em: 22 jul. 2022.

U.S. DEPARTMENT OF DEFENSE (US DoD). **PBL Guidebook: A Guide to Developing Performance-Based Arrangements**. 2016. Disponível em: [https://www.dau.edu/pdfviewer?Guidebooks/Performance-Based-Logistics-\(PBL\)-Guidebook.pdf](https://www.dau.edu/pdfviewer?Guidebooks/Performance-Based-Logistics-(PBL)-Guidebook.pdf). Acesso em: 01 jun. 2022.

WOULFE, J. **Performance Based Logistics Contract Implementation**. 2016. Disponível em: <https://dair.nps.edu/bitstream/123456789/1919/1/SYM-AM-16-107.pdf>. Acesso em: 01 jun. 2022.